

В таблице 1 отображены расчетные, табличные и экспериментальные данные, а также данные при моделировании. Заготовка из конструкционной стали со шлифованной базовой поверхностью устанавливается на три точечных опоры с плоской рабочей поверхностью.

Таблица 1 – Расчетные, табличные, экспериментальные данные и данные при моделировании

Опора с плоской головкой						
Сила, Н	Смещение (мкм)					
	Моделирование	Расчётные	Экспериментальные			Табличные
			Изм. 1	Изм. 2	Изм. 3	
4500	6.91	9.204	10	11	10	100
4750	7.3	9.33				100
5000	7.68	9.454	12	12	13	100
5250	8.06	9.572				100
5500	8.45	9.685	13	13	14	100

Как можно заметить, расчетные данные и данные моделирования близки, но не сходятся. Погрешность расчетов составляет в среднем 20 %. Поэтому для повышения точности определения погрешности закрепления следует рассчитанную величину по методике [2] умножить на корректировочный коэффициент равный 0,833 .

Также, во время исследования было обнаружено, что измеренная величина складывается из погрешности закрепления и смещения индикатора из-за деформации корпуса. С учетом этого погрешность моделирования лежит в пределах точности измерительного индикатора.

Табличные значения [1] очень сильно отличаются от реальных деформаций. Поэтому использовать их в расчетах приспособления на точность не рекомендуется.

Список использованных источников

1. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учеб. Пособие / В. А. Горохов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 238 с.
2. Станочные приспособления: справочник : В 2 т. / Ред. совет Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984 / Под ред. Б.Н. Вардашкина. – 1984. – 592 с.

УДК 621.831.002.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ

Шаевуров М.В., маг., Махаринский Ю.Е., доц., Латушкин Д.Г. ст. преп.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены результаты имитационного моделирования неравномерности припуска при шлифовании зубьев методом копирования.

Ключевые слова: неравномерность припуска, зубошлифование методом копирования, математические модели.

Целью данной работы является получение математических моделей неравномерности припуска, что поможет корректировать профиль правки шлифовального круга и сократить временные и материальные затраты на изготовление зубчатого колеса.

Программа, в которой проводилось имитационное моделирование, была написана на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi, что позволяет значительно экономить время на осуществление имитационного моделирования. Дальнейшая обработка полученных в ходе моделирования данных проводилась в среде для разработки проектной документации Excel, что в свою очередь существенно сократило время на систематизацию и анализ полученных в ходе эксперимента данных.

Данные для эксперимента брались из паспорта станка и сопутствующей справочной литературы. Все значения определялись с учетом характеристик станка «Полуавтомат зубошлифовальный с ЧПУ ВЗ-676Ф4», который производится на заводе ОАО «Визас». Для того, чтобы охватить весь диапазон зубчатых колес, которые возможно обрабатывать на этом станке, был спланирован эксперимент. То есть модуль меняется от и до, число зубьев меняется от и до, возможное отклонение шага измеряется в угловых значениях от минус 0,02 до плюс 0,02. Для систематизации и упрощения работы с большим массивом данных, создавались группы: все значения с модулем 2; 2.5; 3; 3.5; 4 и т.д.

На рисунке 1 показано рабочее окно программы, где видно, как происходит процесс моделирования неравномерности припуска. Слева показана таблица значений, справа показана сетка с определенным шагом, где происходит расчет фактического припуска на зубчатом колесе. Пользуясь данной программой, было проведено 936 опытов. В результате проведенных опытов полученные данные сводились в таблицы, фрагменты которых показаны на рисунке 2.

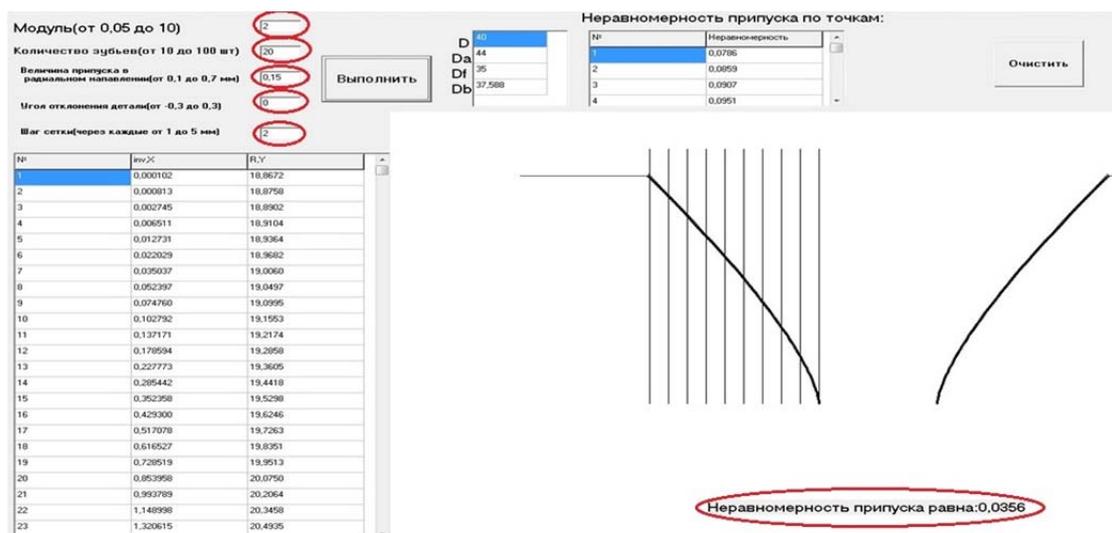


Рисунок 1 – Диалоговое окно программы с внесенными данными эксперимента

Модуль зубчатого колеса	Количество зубьев	Величина припуска в радиальном направлении	Угловое отклонение	Шаг сетки	Неравномерность припуска
2	20	0,15	0	2	0,0356
2	22	0,15	0	2	0,0355
2	25	0,15	0	2	0,0354
2	27	0,155	0	2	0,0367
2	30	0,16	0	2	0,0378
2	32	0,16	0	2	0,0377
2	35	0,16	0	2	0,0378
2	37	0,165	0	2	0,0389
2	40	0,17	0	2	0,0402
2	42	0,17	0	2	0,0403
2	45	0,17	0	2	0,0403
2	47	0,175	0	2	0,0414
2	50	0,18	0	2	0,0426
2	52	0,18	0	2	0,0426
2	55	0,18	0	2	0,0426
2	57	0,185	0	2	0,0439
2	60	0,19	0	2	0,045

- Таблица : Результаты моделирования неравномерности припуска для зубчатых колес с модулем $m = 2$ мм, угловом отклонении 0° , шаге сетки 2 мм

Рисунок 2 – Фрагмент таблицы с полученными результатами экспериментов

На основании полученных результатов в среде для разработки проектной документации Excel строились однофакторные зависимости, примеры которых показаны на рисунке 3 .

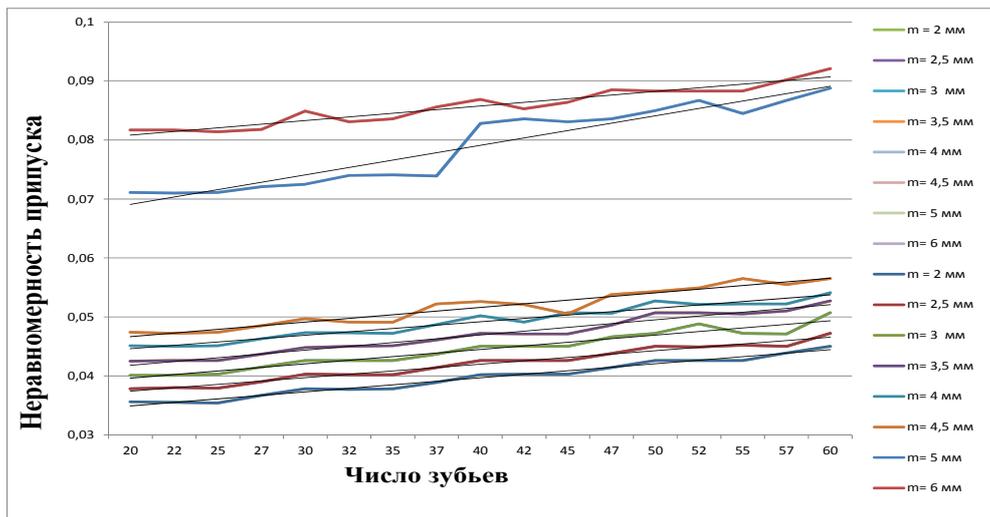


Рисунок 3 – График с угловым отклонением 0°

На основании полученных однофакторных зависимостей были выведены уравнения неравномерности припуска от числа зубьев (рис. 4).

Для модуля 2мм $\Delta = 0,0006 \cdot Z + 0,0343$ ($R^2 = 0,9772$)

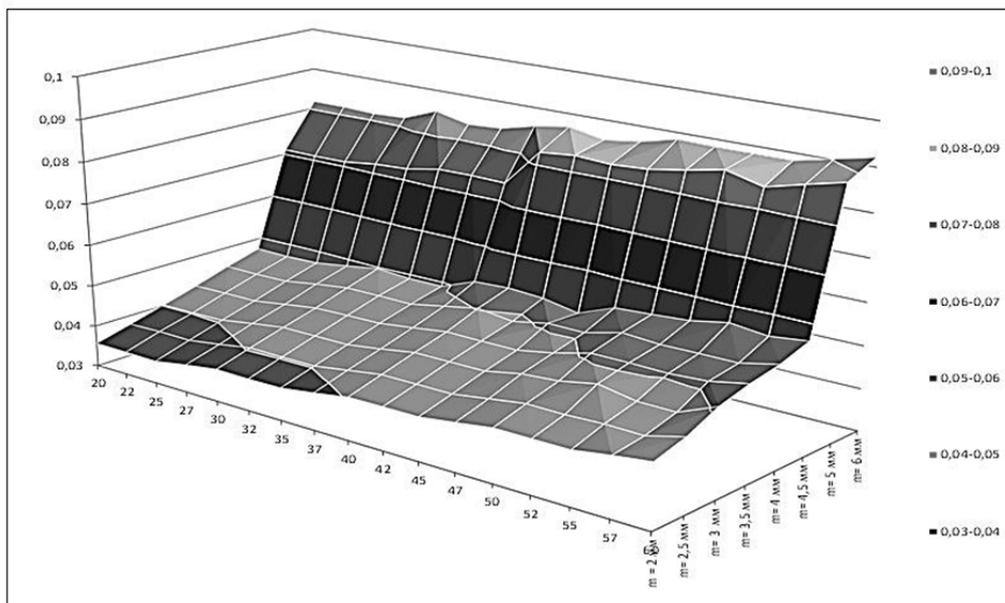
Для модуля 2,5мм $\Delta = 0,0006 \cdot Z + 0,0368$ ($R^2 = 0,9708$)

Для модуля 3мм $\Delta = 0,0006 \cdot Z + 0,039$ ($R^2 = 0,9422$)

Для модуля 3,5мм $\Delta = 0,0006 \cdot Z + 0,0412$ ($R^2 = 0,9695$)

Рисунок 4 – Уравнения неравномерности припуска с угловым отклонением 0°

Дальнейшая работа заключалась в получении многофакторных зависимостей на основании полученных графиков и уравнений. Затем, при помощи математической обработки были получены двухфакторные зависимости.



$$\Delta = (-2 \cdot 10^{-5} \cdot m^5 + 0,0001 \cdot m^4 - 0,0008 \cdot m^3 + 0,0028 \cdot m^2 - 0,0042 \cdot m + 0,0027) \cdot Z + (0,0003 \cdot m^3 - 0,0024 \cdot m^2 + 0,0081 \cdot m + 0,0284)$$

Рисунок 4 – Зависимости неравномерности припуска от модуля и числа зубьев

В данной работе рассматривается вопрос повышения эффективности и производительности при шлифовании. Одним из путей решения этих вопросов является оптимизация режимов обработки заготовок и правки шлифовальных кругов. С учетом неравномерности распределения припуска оптимизируются параметры правки шлифовальных кругов, что ведет к увеличению их стойкости и уменьшению затрат на операцию зубошлифования.

Список использованных источников

1. Кремень, З. И. Технология шлифования в машиностроении / З. И. Кремень, В. Г. Юрьев, А. Ф. Бабошкин; под общ. ред. З. И. Кременя. – Санкт-Петербург : Политехника, 2007 – 424 С.
2. Соколова, И. Д. Анализ методов шлифования зубчатых колес на современном оборудовании/ И. Д.Соколова, А. С.Свитка – Международный научный журнал «Инновационная наука». – №9 / 2016 ISSN 2410-6070.
3. Валерий Рубанцев. Самоучитель Delphi в примерах, играх и программах. От простых приложений, решения задач и до программирования интеллектуальных игр. – Москва: Наука и Техника, 2011 – 672 С.
4. Евгений Марков, В. Никифоров . Delphi 2005 для .NET. Москва : BHV, 2005 – 896 С.
5. Алексей Архангельский. Программирование в Delphi для Windows. Москва : Бином, 2010 – 1248 с.

УДК 678.057 + 004.415.2

ПРИКЛАДНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШНЕКОВЫХ МАШИН

Ширяев П.С., студ., Голубев А.Н., ст. преп., Пятов В.В., д.т.н., проф.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассматривается разработка прикладного приложения для автоматизации расчетов и построений, выполняемых при проектировании специализированного оборудования для экструзии пластично-вязких сред. Приложение позволяет снизить трудоемкость построения 3D-моделей и рабочих чертежей шнеков и формирующих головок экструдеров.

Ключевые слова: экструзия, экструдер, шнек, формирующая головка, прикладное приложение, Компас-3D, пластично-вязкая среда, реологические свойства, триботехнические свойства

Шнековые машины (экструдеры) находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в химической, легкой промышленности, при переработке полимеров, в пищевой промышленности, в порошковой металлургии, и имеют общие конструктивные признаки. Для эффективной переработки определенного вида материала в изделие необходимо определять требуемые геометрические характеристики формирующей головки экструдера, силового шнека, а также назначать оптимальные режимы переработки.

В современной практике конструирования для выполнения расчётов и разработки конструкторской документации широко применяются трехмерные CAD-системы. Имеющийся в этих системах базовый функционал позволяет автоматизировать операции, непосредственно связанные с геометрическим моделированием и получением на основе построенных моделей рабочей документации (чертежей). При этом, наиболее высокая степень автоматизации конструкторской работы достигается при применении специализированных прикладных приложений (библиотек), расширяющих базовый функционал CAD-систем. Разработка таких прикладных приложений является актуальной задачей.

В Витебском государственном технологическом университете в рамках задания ГПНИ «Физматтех» (подпрограмма «Композиционные материалы») [1] разработаны методики выполнения конструкторских и технологических расчётов основных узлов шнекового оборудования. Методики основаны на теоретической модели [2], которая учитывает реологические свойства и триботехнические характеристики перерабатываемого